

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-179023

(43)Date of publication of application : 12.07.1996

(51)Int.Cl.

G01R 33/04
H01L 29/82
H01L 43/00

(21)Application number : 06-324234

(71)Applicant : RES DEV CORP OF JAPAN

(22)Date of filing : 27.12.1994

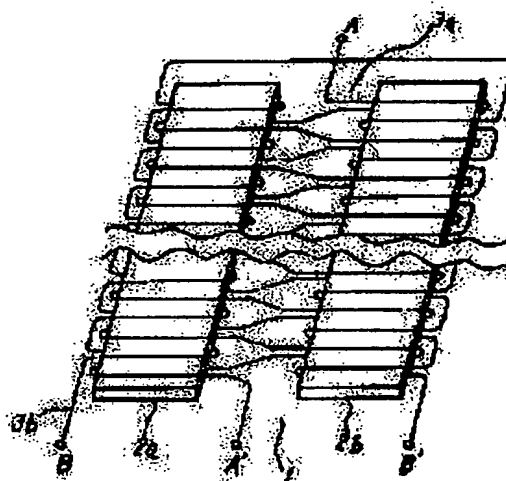
(72)Inventor : KAWAHITO SHOJI
NAKAMURA TETSUO

(54) MAGNETIC DETECTING ELEMENT INTEGRATED ON SEMICONDUCTOR SUBSTRATE AND MAGNETIC DETECTING MODULE

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately detect magnetism with high sensitivity and extremely miniaturize a device.

CONSTITUTION: Magnetic detecting elements integrated on a semiconductor substrate 1 are constituted of soft magnetic film cores 2a, 2b formed on the semiconductor (silicon) substrate 1, an exciting coil 3b made of a metal film for AC-exciting the soft magnetic film cores 2a, 2b, and a magnetic flux change detecting coil 3a made of a metal film. The exciting coil 3b and the magnetic flux change detecting coil 3a are wound in turn on the soft magnetic film cores 2a, 2b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.12.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3545074

[Date of registration] 16.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

BEST AVAILABLE COPY

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に集積される磁気検出素子において、(a) 半導体基板上に形成される軟磁性コアと、(b) 該軟磁性コアを交流的に励磁するための金属膜により形成される励磁コイルと、(c) 金属膜により形成される磁束変換検出用コイルとを形成したことを特徴とする磁気検出素子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の磁気検出素子において、前記軟磁性コアを二重巻線し、前記軟磁性コアに励磁コイル n ターン (n は正の整数) と磁束変換検出用コイル m ターン (m は正の整数) を交互に繰り返して巻いた構造を有し、検出磁界が零のとき、励磁コイルによる励磁波形を打ち消すようにした磁気検出素子。

【請求項 3】 請求項 1 記載の磁気検出素子において、前記励磁コイルと磁束変換検出用コイルを互つの平面コイルとして重ね、その上に前記軟磁性コアを重ねた構造を有する磁気検出素子。

【請求項 4】 半導体基板に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、(a) 前記半導体基板上に形成される軟磁性コアと、該軟磁性コアを交流的に励磁するための金属膜により形成される励磁コイルと、金属膜により形成される磁束変換検出用コイルとを有する磁気検出素子と、(b) 前記励磁コイルに接続され、前記半導体基板上に集積される励磁コイル駆動回路と、(c) 前記磁束変換検出用コイルに接続され、前記半導体基板上に集積される磁気検出信号処理回路とを具備する磁気検出モジュール。

【請求項 5】 請求項 4 記載の磁気検出モジュールにおいて、前記励磁コイル駆動回路は、パルス発生部と分周回路と駆動回路とを具備する磁気検出モジュール。

【請求項 6】 請求項 4 記載の磁気検出モジュールにおいて、前記磁気検出信号処理回路は、制御信号発生回路と高周波増幅器とクロス結合スイッチと感度補償フィルタとを具備する磁気検出モジュール。

【請求項 7】 半導体基板に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、(a) 半導体基板上に形成される半導体磁気検出素子と、(b) 該半導体磁気検出素子を含むように配置される一対の軟磁性コアと、(c) 該軟磁性コアに巻き回される金属膜により形成される励磁コイルとを具備する磁気検出モジュール。

【請求項 8】 請求項 7 記載の磁気検出モジュールにおいて、前記半導体磁気検出素子はホール素子である磁気検出モジュール。

【請求項 9】 請求項 7 記載の磁気検出モジュールにおいて、前記半導体磁気検出素子は分劃ドレイン型磁気トランジスタである磁気検出モジュール。

【請求項 10】 半導体基板に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、(a) 半導体基板の中央部に形成される分劃ドレイン型磁気トランジスタと、

(b) 励磁用コイルが互いの側面に形成される溝と、(c) 励磁用素子が形成され、前記磁気トランジスタに接続される配線層と、(d) 前記溝の下側に形成されるコイルの下層配線と、(e) 該コイルの下層配線の上方に形成される軟磁性コアと、(f) 該軟磁性コアの上方に配置され、前記コイルの下層配線と接続されるコイルの上層配線とを具備する磁気検出モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体基板に集積される軟磁性コアを用いた磁気検出素子及び磁気検出モジュールに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 軟磁性体とコイルを用いた磁気センサは、古くから非接触で高感度の磁気センサとして用いられている。このような磁気センサは、比較的大きな棒状のコアが、軟磁性リボン (導線) をリング状に巻いたコアに、コイルを手作業により巻くことにより作製される。また、測定磁界に比例した電圧を得るためには、電子回路が必要となる。

【0003】 このような磁気センサの磁気検出素子を薄板軟磁性コアと平面型の励磁コイルにより実現する方法も考えられている。一方、半導体を用いた磁気センサは、小型で重量も軽いため、広く用いられている。また、半導体磁気センサと、同じ基板上に露心のコイルを形成し、磁束による集積を行う方法も提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来の大きな棒状コア、または軟磁性リボンによるリング形状コアに、手巻によるコイルを巻き、また電子回路を構成部品により構成する磁気センサは、磁気検出部及び磁気検出素子が大きくなり、製作費も高くなる。また、従来の薄板軟磁性コアと平面型励磁コイルを用いた磁気検出素子では、励磁コイルにより発生する磁束変化による大きな励磁波形が、測定磁界の有無に関わらず、検出コイルに現れてしまう。このために、その波形を増幅したり、波形の変化から、測定磁界に比例した成分を抽出するための処理が難しくなる。例えば、波形が飽和したり、オフセットが大きくなったりという原因のために、高感度な検出を困難にする。

【0005】 従来の (半導体基板を用いない) 磁気センサでは、測定磁界がないときに励磁波形を打ち消す方法は存在している。また、従来の半導体磁気センサは、感度は、分解能が低く、その用途が限られていた。また、半導体磁気センサと、露心のコイルを同一基板上に形成し、集積を行う方法によっても、感度や分解能における著しい改善はみられない。

【0006】 本発明は、上記問題を鑑み、感度が高く、正確な磁気検出を行うことができ、しかも超小型

化が可能な半導体基板上に集積される磁気検出素子及び磁気検出モジュールを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

(1) 半導体基板上に集積される磁気検出素子において、半導体基板上に形成される軟磁性コアと、この軟磁性コアを交差的に磁化するための金線膜により形成される励磁コイルと、金線膜により形成される磁束変換検出コイルとを形成するようにしたものである。

【0008】(2) 上記(1)記載の磁気検出素子において、前記軟磁性コアを2個設け、その軟磁性コアに励磁コイルと磁束変換検出コイルを1ターンずつ交互に巻いた構造を有し、測定磁界が零のとき、磁束変換検出コイルに誘導電圧が現れないようにしたものである。

(3) 上記(1)記載の磁気検出素子において、前記2つの励磁コイルと2つの磁束変換検出コイルを2つの平面コイルとして重ね、その上に前記軟磁性コアを重ねた構造を有し、測定磁界が零のとき、磁束変換検出コイルに誘導電圧が現れないようにしたものである。

【0009】(4) 半導体基板上に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、半導体基板上に形成される軟磁性コアと、この軟磁性コアを交差的に磁化するための金線膜により形成される励磁コイルと、金線膜により形成される磁束変換検出コイルとを有する磁気検出素子と、前記励磁コイルに接続され、前記半導体基板上に集積される励磁コイル駆動用集積回路と、前記磁束変換検出コイルに接続され、前記半導体基板上に集積される磁気検出信号処理用集積回路とを設けるようにしたものである。

【0010】(5) 上記(4)記載の磁気検出モジュールにおいて、前記励磁コイル駆動用集積回路は、パルス発振器と分周回路と駆動回路とを設けるようにしたものである。

(6) 上記(4)記載の磁気検出モジュールにおいて、前記磁気検出信号処理用集積回路は、制御信号発生回路と高周波増幅器とクロス結合スイッチと低域通過フィルタとを設けるようにしたものである。

【0011】(7) 半導体基板上に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、半導体基板上に形成される半導体磁気検出素子と、この半導体磁気検出素子を挟むように配置される一対の軟磁性コアと、この軟磁性コアに巻き回される金線膜により形成される励磁コイルとを設けるようにしたものである。

(8) 上記(7)記載の磁気検出モジュールにおいて、前記半導体磁気検出素子はホール素子である。

【0012】(9) 上記(7)記載の磁気検出モジュールにおいて、前記半導体磁気検出素子は分割ドレイン型磁気トランジスタである。

【10】半導体基板上に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、半導体基板の中央部に形成される分割ドレイン型磁気トランジスタと、この溝の底部に形成され、前記磁気トランジスタに接続される励磁層と、前記溝の下部に形成されるコイルの下層記録と、このコイルの下層記録の上方に形成される軟磁性コアと、この軟磁性コアの上方に記録され、前記コイルの下層記録と接続されるコイルの上層記録とを設けるようにしたものである。

【0013】

【作用】本発明によれば、上記のように、

(1) 半導体基板上に集積される磁気検出素子において、半導体基板上に形成される軟磁性コアと、この軟磁性コアを交差的に磁化するための金線膜により形成される励磁コイルと、金線膜により形成される磁束変換検出コイルとを形成するようにしたので、回路が小さく、しかも正確に信頼性の高い検出を行うことができ、しかも超小型の半導体基板上に集積される磁気検出素子を得ることができる。

【0014】(2) 特に、モノリシック半導体基板上に薄膜技術を用いて、軟磁性コア、励磁コイル、磁束変換検出コイルを積層することができる磁気検出素子を提供することができる。

(3) 半導体基板上で、励磁コイルと検出コイルを1ターンずつ交互に巻き、かつ2つの軟磁性コアを用いて、外部磁界がないとき、誘導電圧の打ち消しを行う構造構造としているので、超小型で、高感度であり、かつ非常に微弱な磁界が検出できる磁気検出素子を得ることができる。

【0015】(4) 半導体基板上に集積される磁気体を用いた磁気検出モジュールにおいて、磁気検出素子、及びその磁気検出素子に必要な電子回路を集積回路として一体化することにより、磁気検出モジュール全体を超小型で実現することにより、超小型で、高感度であり、しかも安価で大量生産に優れた磁気検出モジュールを得ることができる。

【0016】(5) 特に、モノリシック半導体基板上に薄膜技術を用いて、軟磁性コア、励磁コイル、磁束変換検出コイル、その磁気検出素子に必要な電子回路を集積回路として一体化することができる磁気検出モジュールを提供することができる。

【0017】

【実施例】本発明の実施例について図を参照しながら説明する。図1は本発明の第1実施例の磁気検出素子の構成構造図、図2はその磁気検出素子の動作を示すタイミングチャートであり、図2(a)は軟磁性コア2aにおける磁界の波形図、図2(b)は軟磁性コア2bにおける磁界の波形図、図2(c)は軟磁性コア2aにおける磁束密度の波形図、図2(d)は軟磁性コア2bにおける磁束密度の波形図、図2(e)は検出コイル

3aに誘起される電圧 V_1 、 V_2 の波形図、図2(f)は検出コイル3aに誘起される電圧 $V_1 + V_2$ の波形図である。

【0018】これらの図に示すように、2つの軟磁性コア2a、2bに、2つのコイル、つまり、検出コイル(A-A')3aと、励磁コイル(B-B')3bを巻いた導線を、半導体基板1上に導通する。なお、集積回路を一体化せず、電気検出素子の外装する場合には、ガラス基板なども利用できる。励磁コイル3bを図のように巻くこと、励磁交流電流によって生じるコア内の磁界が、2つのコアで逆向きになる。一方、検出コイル3aは、2つのコアにまたがって巻いてあり、このようにすると、励磁交流電流により電磁誘導のために発生する検出コイル3aにおける誘起電圧は、2つのコア内の磁界が逆向きなので打ち消される。コア端方向から外部磁界 H_m が加わると、2つのコアに対し同じ向きに加わるので、励磁磁界を H_m とすると、2つのコア内の磁界は、それぞれ $H_m + H_m$ 、 $H_m - H_m$ となる。このとき、図2に示すように、検出コイル3aに電圧が誘起される。その大きさを求めることにより、外部磁界 H_m の大きさを知ることができる。

【0019】特に、半導体(シリコン)基板1を用いる電気検出素子において、励磁コイル3bと検出コイル3aを2つの軟磁性コア2a、2bに1ターンずつ交互に巻いた導通にすることが重要である。このように、半導体基板1上で、励磁コイル3bと検出コイル3aを1ターンずつ交互に巻き、かつ2つの軟磁性コア2a、2bを用いて、外部磁界 H_m がないとき、誘起電圧の打ち消しを行う電磁構造としている。

【0020】また、上記の構造とは異なり、1つのコアに励磁コイルと検出コイルを巻いたものでも検出は可能であるが、この場合には、外部磁界がなくとも検出コイルに大きな誘起電圧波形が生じてしまい、増幅やフィルタリング等の検出コイル出力に対する信号処理が面倒になる。次に、図1に示される電気検出素子を半導体基板1上に形成する場合の例を図3及び図4に示す。

【0021】図3は本発明の第1実施例を示す電気検出素子の概略平面図、図4は図3のC-C'線断面図である。これらの図に示すように、半導体基板(シリコン基板)11上にはシリコン酸化膜などの絶縁膜(シリコン酸化膜)12を形成し、その上に、2層の金属配線、つまり、コイルの下層配線13とコイルの上層配線14とをスルーホール17を介して接続することにより、図1に示したと同様な電磁構造の励磁コイル(B-B')3b、検出コイル(A-A')3aを形成する。コイルの上層配線14とコイルの下層配線13間に、絶縁膜(ポリイミドなど)14、16を介して軟磁性コア15を挟んでいる。

【0022】従来の(半導体基板を用いない)電気検出素子においても、2つのコアに励磁コイルと検出コイル

を巻いて、外部磁界がないときに、電磁誘導による誘起電圧を打ち消すようにしたものは存在している。半導体基板を用いる場合は、励磁コイルと検出コイルを1ターンずつ交互に巻いた導通とすることが重要である。そうしないと、軟磁性コアは、漏れ磁束が大きく、励磁コイルによる磁束の変化を検出コイルで十分ピックアップできなくなる。半導体基板上で、励磁コイルと検出コイルを1ターンずつ交互に巻き、かつ2つのコアを用いて、外部磁界がないときと誘起電圧の打ち消しを行う電磁構造が本発明の1つ特徴である。

【0023】以下、上記した第1実施例を示す電気検出素子の製造方法について、図5を参照しながら説明する。図5は本発明の第1実施例を示す電気検出素子の製造工程断面図である。ここでは、半導体シリコン基板を用いた場合で説明する。

(1) まず、図5(a)に示すように、シリコン基板11上に基板との絶縁のため、熱酸化により絶縁膜(シリコン酸化膜)12を形成する。

【0024】(2) 次に、図5(b)に示すように、コイルの下層配線13となる金属材料を堆積し、ICプロセスのホトリソグラフィとエッチングによってパターンニングを行う。金属材料としては、AlやCuを用いる。堆積法は、スパッタ、蒸着など種々であるが、Cuを厚く堆積する場合、電気めっき、無電解めっきが有効である。

【0025】(3) 次に、図5(c)に示すように、絶縁をとるための絶縁膜(ポリイミドなど)14を堆積する。これは、スパッタやCVD(化学気相成長)によるシリコン酸化膜、ハードキュアを行ったホトリソレジスト、ポリイミドなどが利用できる。また、このとき、配線パターンによって絶縁膜の下地に凹凸ができないよう平坦化を行う。

【0026】(4) 次に、図5(d)に示すように、軟磁性材料を堆積し、パターンニングし、軟磁性コア15を形成する。この堆積法としては、電気めっき法やスパッタ法、蒸着法等が利用できる。また、軟磁性材料としては、パーマロイ(NiとFeの合金)、各種のアモルファス磁性合金、及びこれらと非磁性材料を交互に積み重ねた多層軟磁性膜が利用できる。

【0027】(5) 次に、図5(e)に示すように、絶縁をとるための絶縁膜(ポリイミドなど)16を堆積する。

(6) 次に、図5(f)に示すように、スルーホール17をホトリソグラフィとエッチングによって形成する。

(7) 次に、図5(g)に示すように、コイルの上層配線14となる金属材料を堆積し、パターンニングを行う。このとき軟磁性膜によって、大きな磁束を生じるので、ホトリソグラフィにおいては、厚膜レジストを用いるか、または多層レジスト工程などを応用する。

【0028】次に、本発明の第2実施例について説明す

る。図6は本発明の第2実施例を示す磁気検出素子の断面構成図である。この図に示すように、半導体基板の上に、同一平面に形成される2つの平面コイルからなる検出コイル21a、21bと、その上方に配置される1つの平面コイルからなる励磁コイル22と、その上方であって、同一平面に形成される2つの軟磁性膜コア23a、23bを配置する。すなわち、励磁コイル22と2つの軟磁性膜コア23a、23bとを図5のように重ねて励磁すると、2つの軟磁性膜コア23a、23bは、互いに逆向きに磁化される。これに、検出コイル21a、21bを重ねると、各軟磁性膜コア23a、23bの下の検出コイル21a、21bには、交差磁場電流により、互いに逆相性の電圧波形が誘起される。そこで、検出コイル21a、21bを図5のように巻けば、2つの軟磁性膜コア23a、23b内の磁場強度による磁場電圧が打ち消され、第1実施例1と同等な作用効果が期待される。

【0029】図7は本発明の第3実施例を示す磁気検出素子の断面構成図、図8は図7のD-D'の横断面図である。図7及び図8において、半導体基板41上にはシリコン酸化膜などの絶縁膜32を形成し、その上に、2つの平面コイルからなる検出コイル（コイルの下層配線）33を形成し、絶縁膜（ポリイミドなど）34を介して、その上方に励磁コイル（コイルの上層配線）35形成し、更に、絶縁膜（ポリイミドなど）36を介して、同一平面に形成される2つの軟磁性膜コア37を形成する。38はコンタクトである。

【0030】以下、上記した第2実施例を示す磁気検出素子の製造方法について、図9を参照しながら説明する。図9は本発明の第2実施例を示す磁気検出素子の製造工程断面図である。ここでは、半導体シリコン基板を用いた場合で説明する。

（1）まず、図9（a）に示すように、シリコン基板31上に基板との絶縁のため、熱酸化により絶縁膜（シリコン酸化膜）32を形成する。

【0031】（2）次に、図9（b）に示すように、コイルの下層配線33となる金属材料を堆積し、ICプロセスのホトリソグラフィとエッチングによってパターンニングを行う。金属材料としては、AlやCuを用いる。堆積法は、スパッタ、蒸着など種々であるが、Cuを厚く堆積する場合、電気めっき、無電解めっきが有効である。

【0032】（3）次に、図9（c）に示すように、絶縁をとるための絶縁膜（ポリイミドなど）34を堆積する。これは、スパッタやCVD（化学気相成長）によるシリコン酸化膜、ハードキュアを行ったホトレジスト、ポリイミドなどが利用できる。また、このとき、配線パターンによって磁性膜の下地は凸凹ができないよう平滑化を行う。

【0033】（4）次に、図9（d）に示すように、コ

イルの上層配線35となる金属材料を堆積し、ICプロセスのホトリソグラフィとエッチングによってパターンニングを行う。金属材料としては、AlやCuを用いる。堆積法は、スパッタ、蒸着など種々であるが、Cuを厚く堆積する場合、電気めっき、無電解めっきが有効である。

【0034】（5）次に、図9（e）に示すように、絶縁をとるための絶縁膜（ポリイミドなど）36を堆積する。これは、スパッタやCVD（化学気相成長）によるシリコン酸化膜、ハードキュアを行ったホトレジスト、ポリイミドなどが利用できる。

（6）次に、図9（f）に示すように、軟磁性材料を堆積し、パターンニングを行い、軟磁性膜コア37を形成する。この堆積法としては、電気めっき法やスパッタ法、蒸着法等が利用できる。また、軟磁性材料としては、パーマロイ（NiとFeの合金）、各種のアモルファス磁性合金、及びこれらと非磁性材料を交互に積み重ねた多層軟磁性膜が利用できる。

【0035】このように構成することにより、第1実施例に比べて、製造工程が簡単であり、スルーホールの取付も非常に少なくて済むので、歩留まりが向上する。更に、上層配線の形成の際、大きな電流がないので、通常のホトリソグラフィプロセスが適用できる。また、軟磁性膜コアを一層単独に形成できるので、素子を作成する過程において発生する熱的なストレスが軟磁性膜コアに発生せず、軟磁性膜コアの特性が向上できる。

【0036】次に、本発明の第3実施例について説明する。図10は本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールの断面構成図である。この図に示すように、半導体（シリコン）基板41上に励磁コイル駆動用集積回路42、磁気検出素子43及び磁気検出信号処理用集積回路44を組み合わせた、磁気検出モジュールを構成している。

【0037】ここで、磁気検出素子43としては、上記第1実施例及び第2実施例で述べた検出素子を用い、この磁気検出素子に必要な電子回路を同一半導体基板41上に集積化する。図11は本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールとして組み込まれる集積回路のブロック図、図12はその磁気検出モジュールの動作を示すタイミングチャートである。図11において、この磁気検出モジュールは、大別すると、励磁コイル駆動用集積回路51、磁気検出素子55と磁気検出信号処理用集積回路56からなる。そして、励磁コイル駆動用集積回路51は、パルス発生器52、分圧回路53及び駆動回路54からなる。

【0038】また、磁気検出素子55は、コア55a、励磁コイル55a、検出コイル55bからなる。更に、磁気検出信号処理用集積回路56は、高周波増幅器57、クロス結合スイッチ回路58、低周波フィルタ59、位相調整及び利得増強発生器60を有している。

【0039】まず、パルス発生部52で電圧パルスP1 (4f0) を発生し、この電圧パルスP1 (4f0) を、まず分周回路(第1段)53に通して、周波数が1/2でデューティ比が50%のパルスP2 (2f0) に変換する。このパルスの周波数(2f0)は、十分な感度を得られるよう1MHz程度以上の高い周波数とする。さらに、分周回路(第2段)53により、周波数がその1/2のパルスP3 (f0) を生成する。分周回路54では、このパルスP3 (f0) を3角波に変換し、磁気検出素子55の励磁コイル55aを3角波状の電流P4で駆動する。このとき、磁気検出素子55の検出コイル55bには、外部磁界がなければ、電圧は出ず、外部磁界が加わったとき、図12(e)に示すような波形が得られる。ここで、磁界の向きが順方向のとき、真鍮のような波形であるとする。逆方向の磁界に対しては、逆鍮のような波形となる。この波形を高周波増幅部57により増幅した後、クロス結合スイッチ駆動部58に送る。ここでは、増幅の分周回路の出力をもとにして発生した図12(e)と図12(b)のような2つのパルスを用いて、電圧の極性を切り替えることにより、図12(f)のような波形に変換する。

【0040】図13はそのクロス結合スイッチ駆動部の動作の説明図であり、電圧の極性の切り替えの原理を示している。この図において、制御信号φが“1”の場合、ストレートに接続されるようスイッチが制御され、入出力の電圧の極性は同じであるが、φが“0”の場合、接続がクロスするようスイッチが制御され、電圧の極性が反転する。したがって、図12のようなタイミングで制御すれば、図12(f)のような波形が得られる。この後、これを低域通過フィルタ59に通せば、図12(g)の波形の直流通分が得られるが、その大きさは、外部直流通分の大きさに比例しており、外部磁界が測定できる。なお、逆方向の磁界の場合には、図12(g)の波形は逆鍮の通りとなり、低域通過フィルタの通過後は、逆極性の電圧が得られる。すなわち、方向性を持った検出を行うことができる。

【0041】上記のクロス結合スイッチ駆動部をMOSトランジスタ回路で実現すると、図14に示すような回路となる。次に、本発明の第4実施例について説明する。図15は本発明の第4実施例を示す磁気検出モジュールの概略構成図である。この実施例では、検出コイルの代わりに、半導体磁気センサを用いるようにしたものである。より具体的には、図15(a)においては、中央にホール素子を用いた半導体磁気検出素子61を配置し、これを軟磁性コア62、63と励磁コイル64、65を組み合わせて構成した磁気検出モジュールである。

【0042】また、図15(b)においては、中央に分割ドレイン型磁気トランジスタを用いた半導体磁気検出素子71を配置し、これを軟磁性コア72、73と励磁コイル74、75を組み合わせて構成した磁気検出モジュールである。

これは軟磁性コアによって磁束を収束し、半導体磁気検出素子の感度を高めるためである。また、外部磁界の影響を考慮して十分に長いコアを用いる。2つのコアのギャップ部に半導体磁気検出素子を配置し、ギャップをできる限り狭くする。また、コアにコイルを巻き、コアの磁化が飽和する程度に十分大きな電流の交流電圧を印加する。半導体磁気検出素子は、この交流磁場電流による磁界と外部磁界の和により生じたコアの磁気磁束形状の変化を検出する。外部磁界によって、磁束磁束形状が変化し、適当な信号処理を行うことによって、外部磁界に比例した電圧を得ることができる。

【0043】このような交流磁場を用いないと、コアが磁化してしまい、感度が下がったり、検出特性にヒステリシスを持つようになる。図16は本発明の第4実施例を示す磁気検出モジュールを半導体磁気センサ上を実現する場合の概略平面図。図17は図16のA-A線断面図である。ここでは、半導体磁気検出素子としては、分割ドレイン型磁気トランジスタを2つ用いている。これは、単結晶シリコン基板を用いて、低抵抗両方性エッチング台形状の溝を作り、溝の斜面に、2つの磁気トランジスタを構成する。また溝の斜面を利用して、下層の金属配線を形成し、また、溝の中に磁性材料を盛り込む。その上に上層配線を形成して、スルーホールを設けて、下層配線と接続状態に接続することにより、コイルを形成する。このようにして、図15(b)と類似の構造が実現できる。

【0044】図16及び図17において、61はp型単結晶シリコン基板、64は深い部位に形成されるチャネルとなるn型不純物層、65は浅い部位に形成される上部ゲートとなるp型不純物層、67はnチャネル接合型電解効果トランジスタを利用した分割ドレイン型磁気トランジスタのドレイン(n+)拡散層、68はnチャネル接合型電解効果トランジスタを利用した分割ドレイン型磁気トランジスタのソース(n+)拡散層、69はシリコン酸化膜、90はコイルの下部配線、91は絶縁膜(ポリイミドなど)、92は溝に盛り込まれた軟磁性材料からなる軟磁性コア、93は絶縁膜(ポリイミドなど)、94はコンタクトホール、95はコイルの上層配線、96はコンタクト、97は金線電極を示している。

【0045】図18は本発明の第4実施例を示す半導体磁気センサ部の動作原理を示す図であり、この図を用いて半導体磁気センサ部の動作原理について説明すると、分割ドレイン型磁気検出素子は、チャネルの面に垂直に磁界が加わったとき、キャリアである電子が、磁界によるローレンツ力を受けて軌道が曲げられることにより、2つのドレイン間に電流差が生じ、その差が磁界の大きさに比例することを利用するものである。

【0046】このような2つの磁気トランジスタが、図18のような角度で配置され、接続されていると、図の

ような方向の境界に対して、1a1、1b1が増加し、逆に、1a2、1b2は減少する。したがって、単純に2つの電流トランジスタを図18のように接続することによって、2つの電流トランジスタの電流変化の和を求めることができる。また、各電流トランジスタは、面に垂直な方向に最大感度を持つが、これらは、コアの軸に対して傾いている。しかし、2つの和を求めることによって、その合成出力はコアの軸方向に最大感度を持つようになる。

【0047】図19は本発明の第4実施例を示す電流検出モジュールの製造工程制御図である。ここでは、半導体シリコン基板を用いた場合で説明する。

(1) まず、図19(a)に示すように、図方位100のp型の単結晶シリコン基板81を用い、その上にシリコン酸化膜を成長させ、ホトリソによりシリコン酸化膜82を形成する。

【0048】(2) 次に、シリコン酸化膜82をマスクとして、図19(b)に示すように、結晶軸異方性エッチングにより、台形状の溝を形成する。これは、アルカリ系の特異なエッチング液を用いると、100方向に比べて111方向のエッチング速度が極端に遅くなることを利用するものである。これによって111面に相当する面が斜面となる正確な台形状の立体構造が得られる。その溝の斜面にnチャネル接合型電解誘導トランジスタをベースにした分割ドレイン型電流トランジスタを作成する。まず、パターニングされたフォトリソ83をマスクとして、イオン注入によりn型不純物を深く導入して、チャネルとなるn型不純物層84を形成する。次いで、p型不純物を深く導入し、上部ゲートとなるp型不純物層85を形成する。

【0049】(3) 次に、図19(c)に示すように、熱処理を兼ねてシリコン酸化膜86を熱酸化により成長させる。

(4) 次に、図19(d)に示すように、ソース、ドレインの部分の酸化膜を除去し、この部分に電極をとるため、高濃度のn型不純物を導入し、nチャネル接合型電解誘導トランジスタを利用した分割ドレイン型電流トランジスタのドレイン(n+)拡散層87と、nチャネル接合型電解誘導トランジスタを利用した分割ドレイン型電流トランジスタのソース(n+)拡散層88とを形成する。これは、熱拡散、イオン注入いずれでも可能である。

【0050】(5) 次に、図19(e)に示すように、シリコン酸化膜89を高濃度体的に成長させた後、コイルの下層配線90となる金属材料を増設し、パターニングを行う。

(6) 次に、図19(f)に示すように、絶縁材料からなる絶縁膜(ポリイミドなど)91を増設した後、溝の中に埋め込まれた形に導電性材料を増設した後、パターニングし、飲磁性コア92を形成する。

【0051】(7) 次に、両端絶縁膜(ポリイミドなど)93を増設し、コンタクトホール94を形成した後、コイルの上層配線95を増設してパターニングし、コイルの上層配線95とコイルの下層配線90とをコンタクト96で接続してコイルの構造を完成するとともに、電流トランジスタのソース、ドレインへの金属電極97を形成する。

【0052】図20に、図18に示した電流検出モジュールの構成を示す。その動作を図21のタイミングチャートを用いて説明する。パルス発生器101から出力され、図21(a)に示す電圧クロックφを分割回路102に通し、図21(b)に示す1/2の周波数でデュティ比が50%のパルスφを生成する。コイルの駆動回路103で、図21(c)に示す電流波形φに共振し、コアの磁化が十分飽和する程度に大きな電流でコアを駆動する。このとき、コア内の磁束密度波形は、境界の振幅が大きくなったところで飽和し、これを2つのコアのギャップ部に挟んだ電流トランジスタで検出すると電流トランジスタには、コア内の磁束密度波形と同様な、図21(d)に示す電圧波形φが発生する。外部境界がない場合は、対称的な波形であるが、外部境界が重畳すると、波峰のように波形が変化する。電流トランジスタの出力を、AC(交流)アンプ108で増幅するとともに、直流成分をカットすると、図21(e)のようになり、外部境界がない場合変化はないが、外部境界が加わった場合は、波峰のように変化する。そこで、台形状の波形の正と負のピーク値をそれぞれサンプリングし、これらの和を求めることで台形の高さの値を求めることができる。この値は、外部の境界に比例している。このような演算は、スイッチトキャパシタ方式の演算器110とS/H(サンプル/ホールド)回路120により行うことができる。まず、図21(f)のようなパルスを生成してこれによって負のピーク値のサンプリングを行い、その電圧でキャパシタC1を充電する。次に、図21(g)のパルスで正のピーク値のサンプリングを行うと、キャパシタC1にその電圧が充電されるとともに、正負のピーク値の値に比例した電荷がキャパシタC2に転送される。これにより生じた図21(h)に示す電圧(h)をS/H回路120でサンプルして保持することにより、図21(i)のような直流電圧が得られる。その大きさは、外部境界に比例している。

【0053】なお、図20において、105は直流電圧、106及び107は抵抗、109は制御パルス発生回路、111、112、113、116及び117はスイッチ、C3はキャパシタである。なお、104は検出コイル、114、122はMO3型オペアンプである。このような電子回路は、第3実施例の場合と同様、検出素子とともに同一シリコン基板上に作製し、集積化することができる。

【0054】なお、本発明は上記実施例に限定されるも

のではなく、本発明の構造に照らして種々の変形が可能であり、これら本発明の範囲から排除するものではない。

【0055】

【発明の効果】以上、図面に述べたように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

(1) 半導体基板上に集積される磁気検出素子において、半導体基板上に形成される軟磁性膜コアと、この軟磁性膜コアを電磁的に励磁するための巻線により形成される励磁コイルと、金属膜により形成される磁束変換検出用コイルとを形成するようにしたので、厚度が高く、しかも正確な磁気の検出を行うことができ、しかも超小型の半導体基板上に集積される磁気検出素子を得ることができる。

【0056】(2) 特に、モノリシック半導体基板上に薄膜技術を用いて、軟磁性膜コア、励磁コイル、磁束変換検出用コイルを積層することができる磁気検出素子を提供することができる。

(3) 半導体基板上で、励磁コイルと検出コイルを1ターンずつ交互に巻き、かつ2つの軟磁性膜コアを用いて、外磁場がないとき、磁極間の往復掃出しを行う巻線構造としているので、超小型で、高精度であり、しかも極めて正確な磁界を検出できる磁気検出素子を得ることができる。

【0057】(4) 半導体基板上に集積される素子体を用いた磁気検出モジュールにおいて、磁気検出素子、及びその磁気検出素子に必要な電子回路を集積回路として一体化することにより、磁気検出モジュール全体を超小型で実現することにより、超小型で、高精度であり、しかも安価で大量生産の容易な磁気検出モジュールを得ることができる。

【0058】(5) 特に、モノリシック半導体基板上に薄膜技術を用いて、軟磁性膜コア、励磁コイル、磁束変換検出用コイル、その磁気検出素子に必要な電子回路を集積回路として一体化することができる磁気検出モジュールを提供することができる。このようにして得られる磁気検出素子及び磁気検出モジュールは、例えば、地磁気検出によるナビゲーションシステム、地磁気変動モニタ(地震予知)、一帯の生体磁気計測、金属材料の欠陥検出、産業的な応用として、磁気エンコーダ、無接点ポテンションメータ、電流センサ、トルクセンサ、変位センサ等として、広汎に利用が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の磁気検出素子の構造断面図である。

【図2】本発明の第1実施例の磁気検出素子の動作を示すタイミングチャートである。

【図3】本発明の第1実施例を示す磁気検出素子の構造断面図である。

【図4】図3のC-C' 線断面図である。

【図5】本発明の第1実施例を示す磁気検出素子の製造工程断面図である。

【図6】本発明の第2実施例を示す磁気検出素子の構造断面図である。

【図7】本発明の第2実施例を示す磁気検出素子の構造断面図である。

【図8】図7のD-D' 線断面図である。

【図9】本発明の第2実施例を示す磁気検出素子の製造工程断面図である。

【図10】本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールの構造断面図である。

【図11】本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールとして組み込まれる集積回路のブロック図である。

【図12】本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールの動作動作を示すタイミングチャートである。

【図13】本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールのクロス結合スイッチ回路の動作の説明図である。

【図14】本発明の第3実施例を示す磁気検出モジュールのクロス結合スイッチ回路をMOSトランジスタ回路で実現した回路図である。

【図15】本発明の第4実施例を示す磁気検出モジュールの構造断面図である。

【図16】本発明の第4実施例を示す磁気検出モジュールを半導体基板上に実装する場合の構造断面図である。

【図17】図16のA-A' 線断面図である。

【図18】本発明の第4実施例を示す半導体磁気センサの動作原理を示す図である。

【図19】本発明の第4実施例を示す磁気センサの製造工程断面図である。

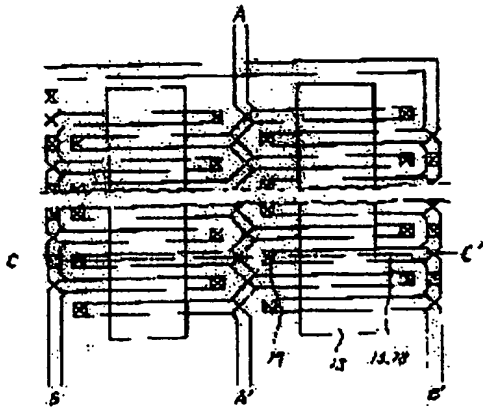
【図20】本発明の第4実施例を示す磁気検出モジュールの構造断面図である。

【図21】本発明の第4実施例を示す磁気検出モジュールのタイミングチャートである。

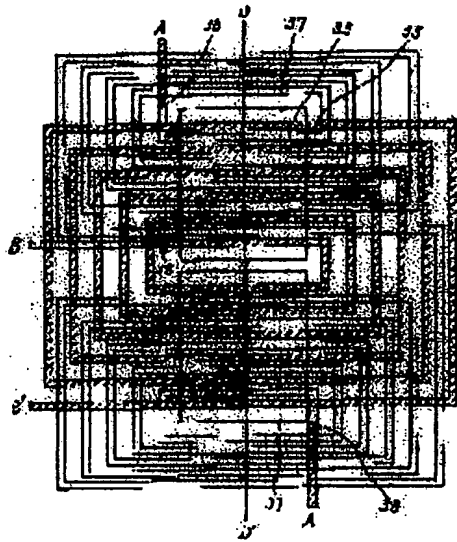
【符号の説明】

- 1, 11, 31, 41 半導体基板(シリコン基板)
- 2a, 2b, 15, 23a, 23b, 37 軟磁性膜コア
- 3a, 21a, 21b, 55b 検出コイル
- 3b, 22, 55a, 54, 55, 74, 75 励磁コイル
- 12, 32 絶縁膜(シリコン酸化膜)
- 13, 33, 90 コイルの下層配線
- 14, 16, 34, 36, 91, 93 絶縁膜(ポリイミドなど)
- 17 スルーホール
- 18, 35, 95 コイルの上層配線
- 38 コンタクト
- 42, 51 励磁コイル駆動用集積回路
- 43, 55 磁気検出素子
- 44, 56 磁気検出信号処理用集積回路

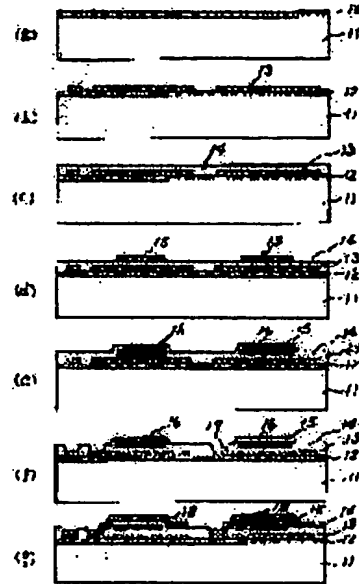
【図3】



【図7】



【図5】



【図6】

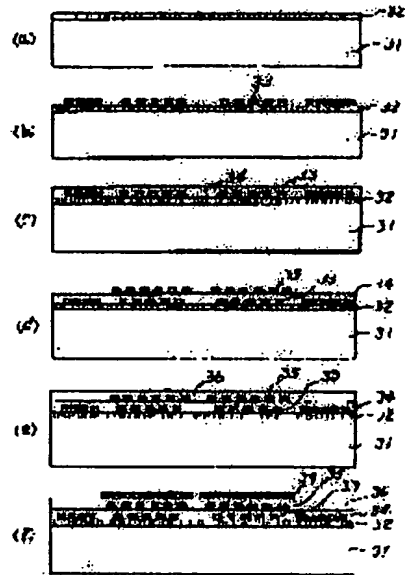
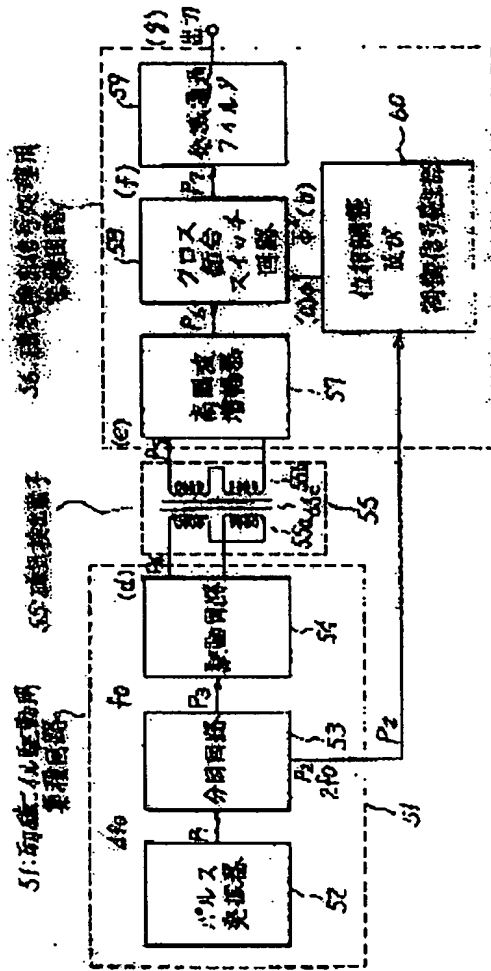
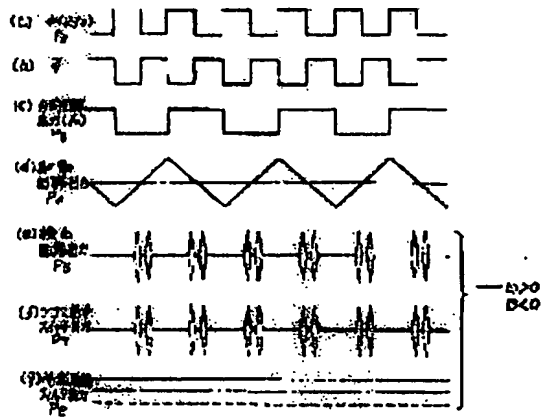


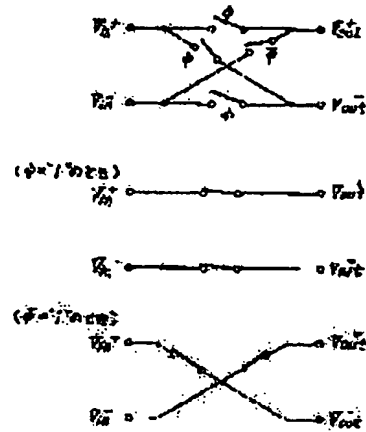
図 1-13



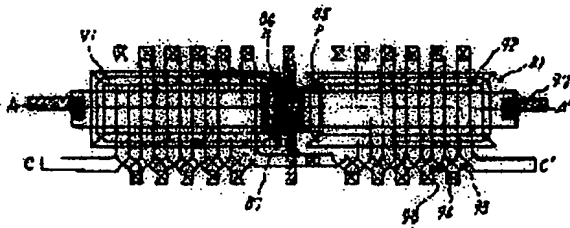
【图 12】



【图 13】



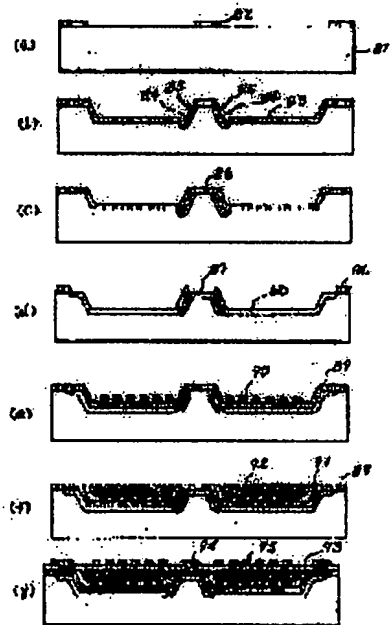
【图 16】



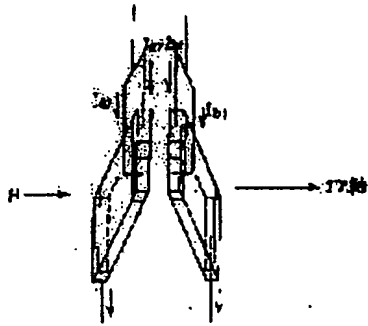
【图 17】



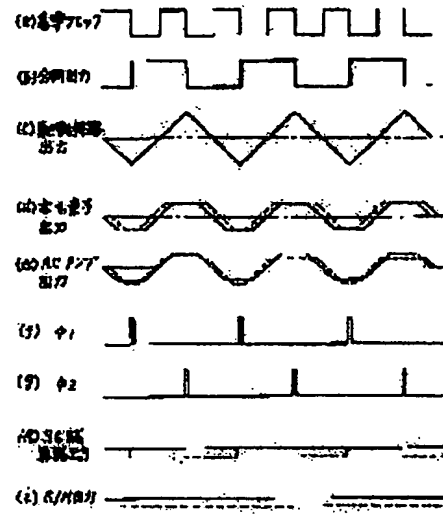
【图 18】



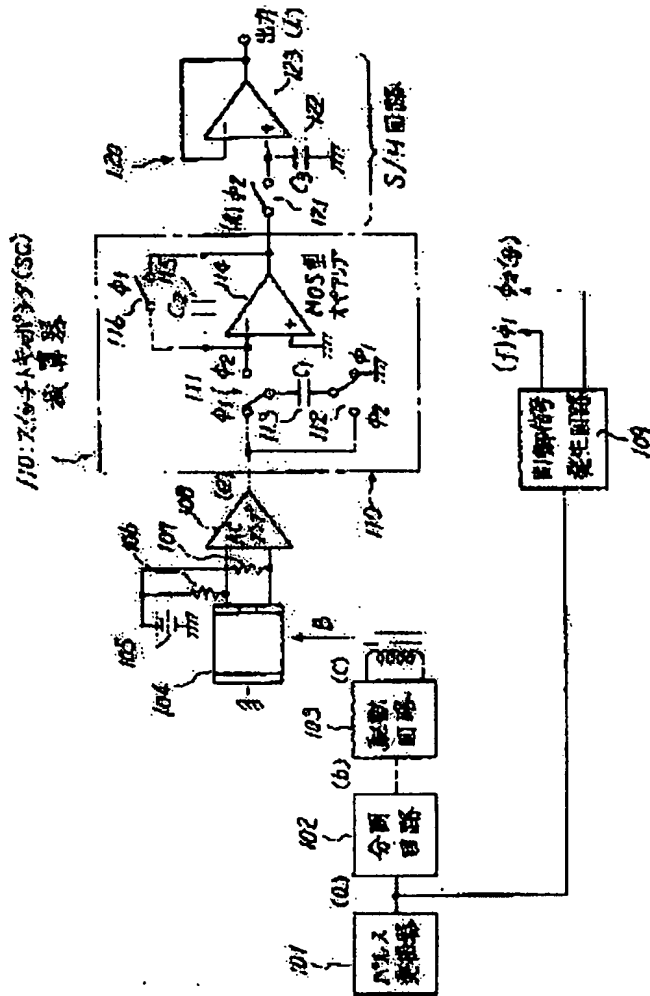
【图 1 6】



【图 2.1】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.